

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-287104

(43)Date of publication of application : 03.10.2002

(51)Int.Cl. G02F 1/09

(21)Application number : 2001-092844 (71)Applicant : PHOTOCRYSTAL
INC

(22)Date of filing : 28.03.2001 (72)Inventor : SHIRAI KAZUSHI
TAKEDA NORIO

(54) METHOD OF MANUFACTURING FARADAY ROTATOR WITHOUT USING MAGNET

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a Faraday rotator which does not use a magnet and is good in yield from a bismuth substituted rare earth garnet single crystal having a magnetic compensation temperature existing near room temperature.

SOLUTION: A magnetic field of $\geq 1,000$ (Oe) is applied to the bismuth substituted rare earth garnet single crystal at a temperature higher or lower by $\geq 20^{\circ}$ C than the magnetic compensation temperature of this single crystal.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision
of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-287104
(P2002-287104A)

(43) 公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース (参考)
G 0 2 F 1/09	5 0 1	G 0 2 F 1/09	5 0 1 2 H 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-92844(P2001-92844)

(22) 出願日 平成13年3月28日 (2001.3.28)

(71) 出願人 501126401

フォトクリスタル株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目五番二号

(72) 発明者 白井 一志

東京都葛飾区新宿六丁目一番一号 フォト
クリスタル株式会社内

(72) 発明者 武田 憲夫

東京都葛飾区新宿六丁目一番一号 フォト
クリスタル株式会社内

(74) 代理人 100083840

弁理士 前田 実 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁石不使用ファラデー回転子の製造法

(57) 【要約】

【目的】 磁気補償温度が10℃から40℃の範囲にあるビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶にて、所定のファラデー回転角を示すものとする。

【構成】 ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶の磁気補償温度よりも20℃以上高いかまたは低い温度で1,000(Oe)以上の磁界を加える。

【効果】 磁気補償温度が室温付近にあるビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶から、歩留まりよく、磁石を用いないファラデー回転子が得られた。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 液相エピタキシャル法によって非磁性ガーネット基板上に育成され、磁気補償温度が10℃から40℃の範囲にあるビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶を用いた角型ヒステリシスを有するファラデー回転子の製造法において、該角型ヒステリシスの付与を、該磁気補償温度よりも20℃以上高い温度もしくは20℃以上低い温度で1,000(Oe)以上の磁界を該ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶の膜面の垂直方向に加えることにより行う磁石不使用ファラデー回転子の製造法。

【請求項2】 該角型ヒステリシスの付与が、製品サイズに細断した後に行う請求項1記載の磁石不使用ファラデー回転子の製造法。

【請求項3】 該角型ヒステリシスの付与を、該磁気補償温度よりも20℃以上高い温度で行う請求項1記載の磁石不使用ファラデー回転子の製造法。

【請求項4】 該角型ヒステリシスの付与が、光アイソレータ、光サーキュレータなどの非相反光デバイスとして組み立てた後に行なわれるものである請求項1記載の磁石不使用ファラデー回転子の製造法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本願発明は、光アイソレータや光サーキュレータなどのファラデー回転子に用いる角型ヒステリシスを付与した、永久磁石を用いないビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶からなるファラデー回転子に関する。詳しくは、室温近傍に磁気補償温度を有する場合の角型ヒステリシスの付与方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光ファイバ通信や光計測の発展にはめざましいものがある。この光ファイバ通信や光計測では多くの場合、信号源として半導体レーザが使用されている。しかし、半導体レーザは、光ファイバ端面などから反射し再び半導体レーザ自身に戻ってくるところの所謂反射戻り光があると、発振が不安定になるという重大な欠点がある。そのため半導体レーザの出射側に光アイソレータを設けて、反射戻り光を遮断し、半導体レーザの発振を安定化させることが行われている。

【0003】光アイソレータは通常、偏光子、検光子、ファラデー回転子およびファラデー回転子を磁氣的に飽和させるための永久磁石からなる。そして、光アイソレータの中心的な機能を担うファラデー回転子には、主に液相エピタキシャル（以下「LPE」と記す）法で育成される、厚さが数十μmから400μm程度のビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶（以下「BIG」と記す）、例えば、 $(\text{HoTbBi})_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ や $(\text{TbLuBi})_3(\text{FeAlGa})_5\text{O}_{12}$ などが実用化されている。

【0004】ところで、光磁気ディスクの記録膜として希土類鉄ガーネットを使用するための研究開発がなされたものであり、種々発表されている（Applied Physics.

2.219-228(1973) IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. MAG-10 (1974)480-482 IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. MAG-7 (1971)397-401 J. Appl. Phys.53 (3), March(1982)2754-2758、他）。これらの文献記載は、記録、記録の保持（安定性を含む）及び記録の書換えなどを希土類鉄ガーネットの示す角型ヒステリシスを含み磁気特性の温度依存性などを利用して行う方法、その原理及び理論が開示されたものである。

【0005】これら文献記載に角型ヒステリシスの安定性を示す指標として核形成磁界(Hn)がある。これは、角型ヒステリシスを有するガーネットの磁化の向きが逆向きに外部磁界の影響で変化するときの磁界の大きさであり、これは、ガーネット内に逆向き磁化の微小部分、すなわち、核が形成され、一旦、これが形成されると該核部分から将棋倒し的に逆向きの磁化へと変化すると現象理解に基づく命名である。そして、この値(Hn)が、エッチング法で1mm角としたものは1,200(Oe)、機械切削により1mm角としたものは26(Oe)との記載があり、安定性の最も重要な要素は形状欠陥を持たないことである事が分かる。

【0006】上記文献から、この核形成磁界(Hn)は、下記理論式で表され、飽和磁界(Hs)が0(Oe)となる磁気補償温度で発散、すなわち、絶対値として最も大きな値を取るものであり、理想的に近いもので数千程度の値が観測される。

$$H_n = a \cdot H_s + b / H_s$$
（式中、aとbは比例定数）

以上から、室温付近に磁気補償温度を有するビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶を磁石不使用ファラデー回転子として用いることが、より好適ではないかと思われる。

【0007】角型ヒステリシスを示すBIGを磁石不使用ファラデー回転子として用いるとの提案とその実用化は、上記から20年も経過した後本格的に検討された。まず、特開平06-222311(1994年8月12日公開)は、一般式 $(\text{GdRbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ で表されるBIGを用いて外部磁界を必要としないアイソレータなどが製造できると開示する。また、EP-0 647 869A1(1995年4月12日公開)は、 $(\text{GdBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ にて、飽和磁界(Hs)90(Oe)、1.5mm角で核形成磁界(Hn)210(Oe)を開示し、ガラス偏光子を両面固定し波長1.31μmで挿入損失0.14 dB、消光比38.8 dBを示し、外部磁界を必要としないアイソレータができることをその実施例で開示する。

【0008】また、特開平09-185027(1997年7月15日公開)は、その実施例において、 $\text{Bi}_1\text{Eu}_1\text{Ho}_1\text{Fe}_4\text{Ga}_1\text{O}_{12}$ の厚さ100μmのものを作製し、11.5mm角のスラブと2mm角のチップとし、-40～+80℃の温度範囲で、 $4\pi M_s < 100(\text{G})$ で四角い磁化ループを示したと磁気特性のみ開示し、アイソレータなどに当然に使用できるとする。また、特開平9-328398は $(\text{TbBi})_3(\text{FeAlGa})_5\text{O}_{12}$ （磁気補償温度-0℃）を開示し、-40～+70℃の温度範囲で、角型ヒステ

リシス、最低の消光比38.8 dB、磁化方向を切り換える最も小さい外部磁界強度が164(Oe)とし、光学特性を含めて磁石不使用回転子として使用できることを開示する

【0009】ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜からなる磁石不使用ファラデー回転子を用いる光アイソレータなどは、永久磁石を使用しないため小型でより安価なものとできる利点がある。そして、これらは、組み立てなどの一部の工程で100℃を越える工程があるが、通常、使用温度は室温が中心であることから、室温を中心とする温度範囲において、より安定であることが好ましい。この安定度に最も明白に関与する要素は、第1に、形状欠陥を持たないことである。そして、形状欠陥がない場合には、角型ヒステリシスの方向と逆向きの磁場がかかった場合にも簡単に磁化の向きが変化しないこととなる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、実際に室温付近に磁気補償温度を有するBIGを作製し、定法、すなわち、ウエハ状の結晶を10mm角程度に分割し、研磨を行ってファラデー回転角がほぼ45度となるような厚さに揃えた後、両面に反射防止膜を施し、その後、所定のサイズに細かく切断する方法、にしたがってファラデー回転子を製造し、室温(24℃)で磁化処理して角型ヒステリシスを付与したところ、大部分は、所期の予定のファラデー回転角よりも小さい値を示すという現象が見られた。

【0011】この現象は、従来法では全く予測されていない新規なものである。すなわち、上記した従来法、例えば、特開平09-185027は磁気特性のみ記載して、当然にアイソレータとして使用できる旨主張し、さらに、室温近傍に磁気補償温度を有するBIGがより好ましい(請求項14)と記載する。しかしながら、光学特性に関しては単に規格値を記載するのみであり、具体的に測定結果など一切なく、磁気補償温度の記載もない。さらに、その第6頁[0034]に「・・・飽和および再現性を確実にを行うために、12k(Oe)を使用したサンプル1を除いて、表1のすべてのサンプルに対して2.5k(Oe)の飽和用の磁場を使用した。」と記載する。すなわち、十分に強い飽和用の磁場を使用すれば、当然に「飽和および再現性を確実に行うことができる。」とするものである。

【0012】上記などから、磁化処理に用いる磁界強度が不足ではないのかとの想定から、10,000(Oe)程度と大幅に強化したが、結果は殆ど同一であった。さらに、このものの磁化処理を解いた後、室温(24℃)下、飽和に十分な永久磁石磁場でファラデー回転角を測定したところ、所期の予定のファラデー回転角よりも小さいものが、上記の室温(24℃)で磁化処理して角型ヒステリシスを付与したものよりもさらに多いという現象が見られた。そこで、室温付近に磁気補償温度を有するBIGを用

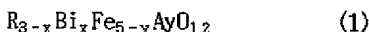
いて、所期の予定のファラデー回転角を示すものを製造する方法の確立が必須とされた。

【0013】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は、液相エピタキシャル法によって非磁性ガーネット基板上に育成され、磁気補償温度が10℃から40℃の範囲にあるビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶を用いた角型ヒステリシスを有するファラデー回転子の製造法において、該角型ヒステリシスの付与を、該磁気補償温度よりも20℃以上高い温度もしくは20℃以上低い温度で1,000(Oe)以上の磁界を該ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶の膜面の垂直方向に加えることにより行う磁石を用いないファラデー回転子の製造法である。

【0014】本発明において、該角型ヒステリシスの付与が、製品サイズに細断した後に行うこと、該角型ヒステリシスの付与を、該磁気補償温度よりも20℃以上高い温度で行うこと、さらに、該角型ヒステリシスの付与が、光アイソレータ、光サーキュレータなどの非相反光デバイスとして組み立てた後に行なわれるものである、磁石を用いないファラデー回転子の製造法である。

【0015】以下、本発明の構成を説明する。まず、本発明は、該角型ヒステリシスの付与するビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶は、磁気補償温度が10℃から40℃の範囲にあるものである。このようなビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶は、通常、下記式(1)で表されるビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜から選択される。



但し、RはY, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luの群から選ばれる少なくとも一種であり、Aは、Ga, Sc, Al, Inの群から選ばれる少なくとも一種であり、xは $0.7 \leq x \leq 2.0$ yは $0.5 \leq y \leq 1.5$ である。

【0016】周知のように、磁気補償温度(T_{comp} (℃))は、ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶の結晶中の鉄(Fe)に基づく合計の磁化の向きと、希土類磁性元素に基づく磁化の向きが逆向きであり、かつ、鉄、希土類磁性元素ともに温度低下に伴いその磁化が大きくなるが、その変化(温度依存性)が、鉄に比較して希土類磁性元素の方が大きいことに基づくことにより発現するものである。希土類磁性元素を一部置換する元素(Bi)は、ファラデー回転角を大幅に大きくする効果から必須の成分であり、かつ、本Bi成分は不純物混入の形式で結晶中に取り込まれる。また、鉄(Fe)サイトは、磁化の向きが互いに異なる2個のFeと3個のFeとにより構成された結果として、1個のFeに基づく磁化をより小さくするための置換元素である。また、上記の説明から明瞭のように、相対的に磁化の温度依存性をより小さくしたい場合には、磁化の温度依存性の小さい希土類磁性元素を採用すればよいことも明瞭であろう。

【0017】本発明を実施するとき、LPEに用いる基板としては、公知の何れの基板も使用し得るが、通常一般には、既に、SGGG基板と称して市販されている格子定数が1.2490nm乃至1.2515nmの非磁性ガーネット[(GdCa)₃(GaMgZr)₅O₁₂]の中から適宜に選べば良い。

【0018】次に、本発明は、上記のビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶の角型ヒステリシスの付与を、該磁気補償温度よりも20℃以上高い温度もしくは20℃以上低い温度で、1,000(Oe)以上の磁界を該ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶の膜面の垂直方向に加えることにより行う。角型ヒステリシスの付与を、20℃以上低い温度で行う場合、装置が大がかりになるので、通常、磁気補償温度よりも20℃以上高い温度で行うことがより簡便であり好ましい。また、上限温度は、ビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶のキュリー温度(磁気補償温度が10～40℃の範囲の場合、150℃～200℃の範囲が多い)よりも10℃以上低い温度が選択でき、また、角型ヒステリシスの付与の時間は数秒以上であれば十分である。

【0019】また、角型ヒステリシスの付与の時期は、使用する製品サイズに細断した後である。下記実施例に示したように、通常、製品は、使用する製品サイズに細断した後、本発明の所定の条件下で角型ヒステリシスを付与し、室温にて、その物性を測定し、合格したものである。このことから、光アイソレータ、光サーキュレータなどの非相反光デバイスとして組み立てた後に行なうことが、実用化の場合の信頼性の点からは好ましいが、当然に、組み立てた条件(温度、応力など)にて一旦付与した角型ヒステリシスが失われなことを確認できた場合には、予め、組み立て前に、本発明の所定の条件を用いて、角型ヒステリシスとしたものも好適に使用できる。また、アイソレータに用いる場合など、予め、偏光子と検光子とする偏光膜をビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶に接着した状態のものとし、本発明の所定の条件を用いて、角型ヒステリシスとしたものも好適に使用できる。

【0020】

【実施例】以下、本発明を実施例によって、その実施態様と効果を具体的に、かつ詳細に説明するが、以下の例は、具体的に説明するものであって、本発明の実施態様や発明の範囲を限定するものとしては意図されていない。

実施例1

容量3,000mL()の白金製ルツボに、酸化鉛(PbO, 4N)3,500g、酸化ビスマス(Bi₂O₃, 4N)3,700g、酸化第2鉄(Fe₂O₃, 4N)450g、酸化硼素(B₂O₃, 5N)170g、酸化テルビウム(Tb₂O₃, 3N)46.0g、酸化ガリウム(Ga₂O₃, 3N)65.0g、酸化アルミニウム(Al₂O₃, 3N)5.7gを仕込んだ。これを精密縦型管状電気炉の所定の位置に設置し、1,000℃に加熱溶融し、24時間放置した。その後、1時間攪拌し、さらに24時間放置しビスマス置換希土類鉄ガーネ

ト単結晶育成用融液とした。

【0021】ここに得られた融液の温度を飽和温度以下の温度まで低下させて後、融液表面に、常法に従って、厚さが800μmで、格子定数が1.2497nm±0.0002nmの3インチ(111)ガーネット単結晶[(GdCa)₃(GaMgZr)₅O₁₂]基板の片面を接触させ、基板を回転させながらエピタキシャル成長を行い、厚さ537μmのビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶厚膜、(TbBi)₃(FeGaAl)₅O₁₂ (以下簡単のため「TbBiG-1」と記す)を製造した。TbBiG-1に付着している融液成分を塩酸水溶液で溶解したのち、10.5mm×10.5mmの大きさに分割し、これを研磨に供した。すなわち、基板を除去し、ファラデー回転角が45度になるように厚さを調整した。研磨後、TbBiG-1の両面に1,550nmを中心とする反射防止膜を付与した。得られたTbBiG-1の磁気補償温度は8±3℃であった。

【0022】次に、任意の10.5mm×10.5mmのTbBiG-1を5枚選択し、これをすべて1.6mm×1.6mmの大きさに切断した。得られたチップ180個について、下記の(1)～(3)を順次行い評価した。

- (1)24℃の室温下で、磁氣的に飽和するのに十分な外部磁界2,000(Oe)を加えて、ファラデー回転角を測定。
- (2)24℃の室温下で、2,000(Oe)の外部磁界下、磁化処理を行った。このものについて、外部磁界をまったく加えない状態でファラデー回転角を測定、並びに、これらの核形成磁界の測定。
- (3)60℃の温度下に、2,000(Oe)の外部磁界下、磁化処理を行った。このものについて、24℃の室温下、外部磁界をまったく加えない状態でファラデー回転角を測定、並びに、24℃の室温下の核形成磁界の測定。

【0023】1-(1):11個のチップのファラデー回転角が43度以下であり、6%のチップが規格を満足しなかった。

1-(2):168個のチップが45.0±0.2度の範囲で、規格を満足した。また、これらの核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200～1,200(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは154個であった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中154個であり、合格率は86%となった。

【0024】1-(3):180個全てが45.2±0.2度の範囲で、合格率は100%であった。このファラデー回転角の合格品は、消光比40dB以上、挿入損失0.1dB以下でありファラデー回転子としての要求性能を満たしていた。また、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200～1,200(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは174個であった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中174個であり、合格率は97%となった。

【0025】実施例2

実施例1で用いた融液において、酸化ガリウム(Ga_2O_3 , 3N)69.0g、酸化アルミニウム(Al_2O_3 , 3N)5.9gに変更し、これを1,000℃で1時間攪拌した後、24時間1,000℃で放置した融液を用いた以外は、実施例1と全く同様にして、厚さ525 μm のビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶厚膜、 $(\text{TbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ (以下簡単のため「TbBiG-2」と記す)を製造した。TbBiG-2の磁気補償温度は $18\pm 3^\circ\text{C}$ であった。ついで、実施例1と同様に分割、研磨、ARコーティングを行った。そして得られた28枚の10.5mm×10.5mmの大きさのTbBiG-2から任意に5枚選択し、これをすべて1.6mm×1.6mmの大きさに切断した。

【0026】得られたチップ180個について実施例1と同様の評価を実施した結果は、

2-(1):136個のチップのファラデー回転角が43度以下であり、76%のチップが規格を満足しなかった。
2-(2):135個のチップのファラデー回転角が43度以下であり、75%のチップがファラデー回転角の合格値 45 ± 1 度を満足しなかった。また、この135個のチップの核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,400(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは113個であった。また、ファラデー回転角の合格品45個について、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,400(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは43個であった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中43個であり、合格率は24%となった。

【0027】2-(3):180個全てが 45.2 ± 0.2 度の範囲で、ファラデー回転角の規格 45 ± 1 度の範囲の合格率は100%であった。このファラデー回転角の合格品の消光比は40dB以上、挿入損失は0.1dB以下であり、ファラデー回転子としての要求性能を満たしていた。また、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,400(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは170個であった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中170個であり、合格率は94%となった。

【0028】ここで、上記2-(2)の試験に、室温(24℃)下、約10,000(Oe)で角型ヒステリシスの付与する試験を追加実施した。その結果、134個が43度以下で、不合格率が74%であった。また、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,600(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは126個であった。また、ファラデー回転角の合格品46個について、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,600(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは43個であった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中43個であ

り、合格率は24%となった。

【0029】追加試験は、本実施例のものの磁気補償温度は $18\pm 3^\circ\text{C}$ であり、室温はこの温度、すなわち、核形成磁界(Hn)が発散する領域に近いことから、高い核形成磁界(Hn)を有する可能性が極めて高いとの認識から、角型ヒステリシスとするための外部磁場強度が不足したのではないかとの考えからしたものである(また、これは、上記「発明が解決しようとする課題」の第2箇記載の確認である。)しかしながら、上記結果より、磁化処理に用いる外部磁場強度は関係がなく、むしろ、外部磁場として1,000~2,000(Oe)程度の使用で十分な、すなわち、核形成磁界(Hn)が1,000(Oe)よりも十分に小さい条件で、磁化処理することが必須であることが確認された。

【0030】実施例3

実施例1で用いた融液において、酸化ガリウム(Ga_2O_3 , 3N)70.0g、酸化アルミニウム(Al_2O_3 , 3N)6.2gに変更し、これを1,000℃で1時間攪拌した後、24時間1,000℃で放置した融液を用いた以外は、実施例1と全く同様にして、厚さ552 μm のビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶厚膜($\text{TbBi})_3(\text{FeGaAl})_5\text{O}_{12}$ (以下簡単のため「TbBiG-3」と記す)を製造した。TbBiG-3の磁気補償温度は $24\pm 3^\circ\text{C}$ であった。ついで実施例1と同様に分割、研磨、ARコーティングを行った。そして得られた28枚の10.5mm×10.5mmの大きさのTbBiG-3から任意に5枚選択し、これをすべて1.6mm×1.6mmの大きさに切断した。

【0031】得られたチップ180個について実施例1と同様の評価を実施した結果は、

3-(1):175個が43度以下で、不合格率が97%であった。

3-(2):170個が43度以下で、不合格率が94%であった。

また、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,900(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは159個であった。また、ファラデー回転角の合格品10個について、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は200~1,600(Oe)の範囲にあり、300(Oe)を超えるものは9個であった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中9個であり、合格率は5%となった。

【0032】3-(3):168個が 44.6 ± 0.2 度の範囲で、合格率は93%であった。このファラデー回転角の合格品は、消光比40dB以上、挿入損失0.1dB以下でありファラデー回転子としての要求性能を満たしていた。また、核形成磁界(Hn)を測定した結果、全てのチップが角型ヒステリシスを示し、値は400~2,000(Oe)の範囲にあり、すべて300(Oe)を超えるものであった。結局、ファラデー回転角、挿入損失、消光比、保磁力の全ての規格が満足されたチップは切り出した180個中168個であり、合格率は93%となった。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、室温或いは室温に近い
磁気補償温度を有するビスマス置換希土類鉄ガーネット

単結晶による、磁石を用いないファラデー回転子が歩留
りよく得られる。

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H079 AA03 BA02 CA06 DA12